

PAT-NO: JP02000341239A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000341239 A

TITLE: METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING  
ORTHOGONAL  
FREQUENCY-DIVISION MULTIPLEX SIGNAL

PUBN-DATE: December 8, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME                | COUNTRY |
|---------------------|---------|
| NAKAHARA, HIDEKI    | N/A     |
| TANAKA, KOICHIRO    | N/A     |
| SHIRAKATA, YUKIMUNE | N/A     |
| HAYASHINO, YUJI     | N/A     |
| HARADA, YASUO       | N/A     |

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME                           | COUNTRY |
|--------------------------------|---------|
| MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD | N/A     |

APPL-NO: JP11147935

APPL-DATE: May 27, 1999

INT-CL (IPC): H04J011/00, H04L007/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely generate a time window timing

clock by

transmitting the amplitudes and phases of the specific number of specific frequency components by continuous multiplex modulation using a specific pattern and applying a superresolution method based upon characteristic value

expansion for a correlation matrix of received data vectors of the specific frequency components on a reception side.

SOLUTION: An estimation part 7 applies the superresolution method for the

correlative matrix after movement averaging to find the delay time of a multiplex wave. The correlation matrix is expanded into characteristic values,

which are sorted in the decreasing order. They can be divided into characteristic values corresponding to signal power and noise power and general

characteristic vectors corresponding to the respective characteristic values are orthogonal to each other, so the delay time of the signal can be estimated. The delay time having the largest signal power among estimated delay times corresponds to the deviation of Clock-a from original time window timing and on

the basis of the estimated value, a timing clock adjustment part 8 adjusts the Clock-a.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-341239

(P2000-341239A)

(43)公開日 平成12年12月8日(2000.12.8)

(51)Int.Cl.

H 04 J 11/00  
H 04 L 7/00

識別記号

F I

テ-ヨ-ト\*(参考)

H 04 J 11/00  
H 04 L 7/00

Z 5 K 0 2 2  
F 5 K 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平11-147935

(22)出願日

平成11年5月27日(1999.5.27)

(71)出願人

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者

中原 秀樹  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者

田中 宏一郎  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人

100097445  
弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

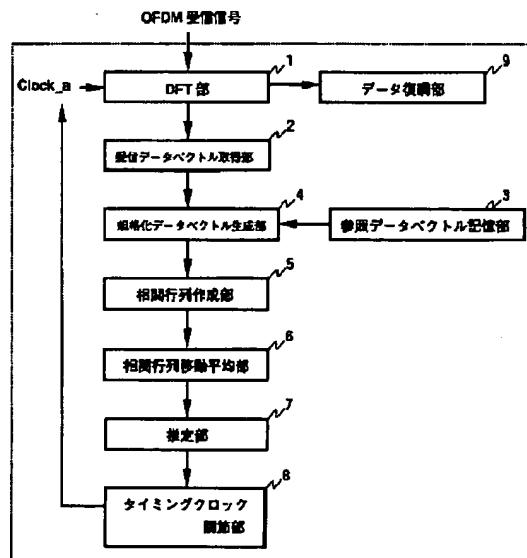
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 直交周波数分割多重信号の伝送方法および伝送装置

(57)【要約】

【課題】 周波数直交多重伝送方式では、受信側で信号を復調する際に離散的フーリエ変換(DFT)処理を行う。この際、信号源での時間窓信号と同期するDFT時間窓タイミングクロックを精度よく生成しなければならない。

【解決手段】 信号源において、所定数の特定周波数成分の振幅及び位相を特定パターンを用いて連続して変調し、受信側において、特定周波数成分の相関行列に対して固有値展開に基づくスーパーレゾリューション法を適用することで、多重波環境においても特定パターンに対するDFT時間窓タイミングおよび遅延時間を精度よく推定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】信号源において所定数の特定周波数成分の振幅及び位相を特定パターンを用いて連続して変調する変調部を有し、

受信側において受信した特定周波数成分の振幅及び位相を数値化し、受信データベクトルを得る受信データベクトル化部と、

前記受信データベクトルを受信信号に含まれる特定パターンの振幅及び位相を有する参照信号で除算し、規格化データベクトルを得る規格化データベクトル生成部と、前記規格化データベクトルの相関行列を生成する相関行列作成部と、

前記相関行列に移動平均を施す移動平均化部と、

前記移動平均後の相関行列に対してスーパーレゾリューション法を適用することにより、参照信号とした特定パターンに対するDFT時間窓タイミング及び多重波の遅延時間を推定する推定部と、

前記DFT時間窓タイミングの推定値をもとにDFT時間窓タイミングクロックを調節する調節部より構成されることを特徴とする直交周波数分割多重信号の伝送装置。

【請求項2】複数の信号源が、同一の周波数領域にある特定周波数成分の振幅及び位相を互いに異なる特定パターンを用いて連続して変調して多重伝送を行うことを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重信号の伝送装置。

【請求項3】前記相関行列作成部から時間サンプルが異なる複数の相関行列を平均する相関行列平均化部を有し、平均した相関行列に移動平均を施すことを特徴とする請求項1または2記載の直交周波数分割多重信号の伝送装置。

【請求項4】信号源において所定数の特定周波数成分の振幅及び位相を特定パターンを用いて連続して変調するステップを有し、

受信側において受信した特定周波数成分の振幅及び位相を数値化し、受信データベクトルを得る第1のステップと、

前記第1のステップから得られる受信データベクトルを受信信号に含まれる特定パターンの振幅及び位相を有する参照信号で除算し、規格化データベクトルを得る第2のステップと、

前記第2のステップから得られる規格化データベクトルの相関行列を生成する第3のステップと、

前記第3のステップから得られる相関行列に移動平均を施す第4のステップと、

前記第4のステップから得られる移動平均後の相関行列に対してスーパーレゾリューション法を適用することにより、参照信号とした特定パターンに対するDFT時間窓タイミング及び多重波の遅延時間を推定する第5のステップと、

前記第5のステップから得られるDFT時間窓タイミングの推定値をもとにDFT時間窓タイミングクロックを調節する第6のステップを有する直交周波数分割多重信号の伝送方法。

【請求項5】複数の信号源が、同一の周波数領域にある特定周波数成分の振幅及び位相を互いに異なる特定パターンを用いて連続して変調して多重伝送を行うことを特徴とする請求項4記載の直交周波数分割多重信号の伝送方法。

10 【請求項6】前記第3のステップから時間サンプルが異なる複数の相関行列を平均する相関行列平均化ステップを有し、平均した相関行列に移動平均を施すことを特徴とする請求項4、または5記載の直交周波数分割多重信号の伝送方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】直交周波数分割多重(Orthogonal Frequency Division Multiplexing; 以下、OFDMと称す)伝送方法に関し、より特定的には、有線または無線の伝送路を介し、直交周波数分割多重信号を用いてデータ伝送する方法、及びその受信装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】OFDM方式では、送信側で信号を変調する際に逆離散的フーリエ変換(IDFT)処理を行う。受信側では復調に際し離散的フーリエ変換(DFT)処理を行う。この際、送信側での時間窓信号と同期するDFT時間窓タイミングクロックを生成しなければならない。

【0003】従来は、特開平9-247122号公報に示されるように、伝送信号に振幅が他のシンボルに比べて大きいか、または0の同期シンボルを設けてタイミングクロックを生成していた。しかし、この手法では伝送路中の大きな雑音やマルチパス環境下において振幅変動を受けた場合に、同期用シンボルを検出することが困難となる。

【0004】また、同期シンボルを用いない手法として、特開平8-274745号公報に示されるように、特定周波数成分の振幅を0にして送信し、復調においてDFT処理後の特定周波数成分の振幅が最小になるようタイミングを漸近的に調節する手法がある。しかし、この手法ではタイミングの調整が複数回に及び、調節に時間がかかるてしまう。

【0005】また、従来の手法では同じ周波数を持つ複数のOFDM信号を受信した場合にそれぞれのOFDM信号に対するDFT時間窓タイミングを求めることができない。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】同期シンボルを設けることなく、漸近的手法によらずに多重波環境や大きな雑音を有する環境下でも、精度よくDFT時間窓タイミング

グクロックを求める受信装置を提供し、OFDM方式の伝送信号を低い誤り率で伝送することを目的とする。

【0007】さらに、同じ周波数を持つ複数のOFDM信号を受信した場合に、それぞれのOFDM信号に対するDFT時間窓タイミングクロックを求める目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】所定数の特定周波数成分の振幅及び位相を特定パターンを用いて連続して多重変調して送信し、受信側において、特定周波数成分の受信データベクトルの相関行列に対して固有値展開に基づくスーパーレゾリューション法を適用する。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図を用いて説明する。

【0010】(第1の実施の形態) 本発明の第1の実施の形態を説明する。以下の数式において、Tは転置、\*は複素共役転置を示す。

【0011】図1に示すように、OFDM信号源11においてOFDMシンボルの全キャリアのうちN本をパイロットキャリアとして特定パターンCで変調する。この特定パターンには、データが既知のBPSK変調等が用いられる。N本のパイロットキャリアは周波数軸上で等間隔に選ばれる。変調されたOFDM信号は、伝送路2を介し受信部3で受信される。

【0012】図2は、受信装置の構成図である。はじめに、DFT部1で1シンボル分のデータを時間窓タイミングクロックClock#aでDFTを施し、周波数領域データを得る。受信データベクトル取得部2で、周波数領域データからN個のパイロットキャリア部分の複素数データ、

【0013】

【数1】

$$\text{受信データベクトル: } Y = [y_1, y_2, \dots, y_N]^T$$

【0014】を得る。参考データベクトル記憶部3で、\*

$$\text{移動平均: } \bar{R} = \frac{R_f + R_b}{2}$$

$$\text{前方移動平均: } R_f = \frac{1}{K} \sum_{l=1}^K X_l^f X_l^{f*}$$

$$X_l^f = [x_l, x_{l+1}, \dots, x_{l+n-1}]^T$$

$$\text{後方移動平均: } R_b = \frac{1}{K} \sum_{l=1}^K X_l^b X_l^{b*}$$

$$X_l^b = [x_{N-l+1}, x_{N-l}, \dots, x_{K-l+1}]^T$$

$$l = 1, \dots, K$$

$$K = N - n - 1$$

【0026】であらわされる。(数6)の演算で、多重波間の相関が除去される。

【0027】推定部7において、移動平均後の相関行列に対し、スーパーレゾリューション法を適用し、多重波※50

\*受信信号に含まれる特定パターンと同じ振幅および位相を持った参考データベクトル

【0015】

【数2】

$$\text{参考データベクトル: } R = [r_1, r_2, \dots, r_N]^T$$

【0016】を用意する。規格化データベクトル生成部4で、受信データベクトルを参考データベクトルで除算

【0017】

【数3】

$$\text{規格化: } x_i = \frac{y_i}{r_i}$$

【0018】し、規格化データベクトル

【0019】

【数4】

$$\text{規格化データベクトル: } X = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$$

【0020】を得る。相関行列作成部5で、規格化データベクトルに対する相関行列

【0021】

【数5】

$$\text{相関行列: } R = XX^*$$

【0022】を作る。

【0023】次に、相関行列移動平均部6で、相関行列内における移動平均(詳細は、T. J. Shan, M. Wax, and T. Kailath, "On Spatial Smoothing for Direction-of-Arrival Estimation of Coherent Signals," IEEE Trans. ASSP, 33, pp. 806-811, Aug. 1985.)を施す。

【0024】移動平均には、前方移動平均、後方移動平均を用い、移動平均後の相関行列の次数がnであるとすると、

【0025】

【数6】

※の遅延時間を求める。

【0028】推定部7における遅延時間推定法には、例えば、MUSIC法(詳細は、R. O. Schmidt : "Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation

n", IEEE Trans. Antennas Propagat., AP-34, 3, pp. 276-280, Mar. 1986) や、 ESPRIT 法 (R. Roy, and T. Kailath, "ESPRIT-Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques," IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Processing, ASSP-37, 7, pp. 984-995, Jul. 1989.) などのスーパーレゾリューション法が適用できる。遅延時間推定法に、 MUSIC 法を適用した場合を以下に説明する。

【0029】受信信号に含まれる到来信号波の数を L とする。移動平均後の相関行列  $R_{xx}$  を固有値展開

$$\text{固有値のソート : } \lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_L \gg \lambda_{L+1} > \dots > \lambda_n \quad *10$$

【0033】ここで、信号電力と雑音電力に相当する固有値に分けることができ、雑音電力より大きな固有値の数から多重信号の数を推定する。ここで、L 個の一般固有ベクトル

【0034】

【数9】

\* 【0030】

【数7】

固有値 :  $\lambda_i$

固有ベクトル :  $e_i$

$$(i = 1, \dots, n)$$

【0031】し、固有値を大きさの順にソートする。

【0032】

【数8】

【0035】の張る L 次元部分空間は、信号部分空間 A

【0036】

【数10】

※

$$E_S \triangleq [e_1, e_2, \dots, e_L]$$

【0037】と一致する。また、n-L 個の固有値に対応する一般固有ベクトル

【0038】

【数11】

$$E_N \triangleq [e_{L+1}, e_{L+2}, \dots, e_n]$$

【0039】が張る n-L 次元部分空間は雑音部分空間と呼ばれる。相関行列  $R_{xx}$  はエルミート行列で、エルミート行列の固有ベクトルは互いに直交するという性質から、信号部分空間と雑音部分空間は直交補空間の関係にある。すなわち、

【0040】

【数12】

$$a^*(\tau_i) e_j = 0 \\ \left( \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, L \\ j = L + 1, \dots, n \end{array} \right)$$

【0041】が成り立つ。

【0042】したがって、

【0043】

【数13】

$$\text{評価関数 : } P(\tau) = \frac{a^*(\tau) a(\tau)}{a^*(\tau) E_N E_N^* a(\tau)}$$

【0044】のような評価関数を定義すると、L 個の信号の各到来遅延時間

【0045】

【数14】

$$\tau = \tau_i \quad (i = 1, 2, \dots, L)$$

【0046】のとき、(数13)は、分母が 0 となり

★ (数12) が成り立つ)、無限大の値を持つ。

【0047】そこで、(数13)において、 $\tau$  を 0 から

【0048】

【数15】

$$\tau_{max} = \frac{1}{\Delta f} \quad (\Delta f : \text{キャリア間隔})$$

【0049】まで変化させ、そのピーク値に相当する時間が遅延時間に相当する。推定された遅延時間のうち信号電力が大きい第一番目の遅延時間が Clock#a と本来の時間窓タイミングとのずれに相当し、その推定値をもとに、タイミングクロック調節部 8 で時間窓タイミングクロック Clock#a を調節する。図5は(数13)によって求められる MUSIC スペクトラムで、例えば到来波が 2 波の場合、先行波の遅延時間がクロックのずれに相当する。タイミングクロックを調節後、データ復調部 9 でデータを復調する。

【0050】(第2の実施の形態) 次に本発明の第2の実施の形態を説明する。

【0051】受信信号の雑音レベルが高く、推定精度が落ちる場合の実施の形態を説明する。これは図3に示すように、上述した実施例に相関行列の平均操作を行う相関行列平均化部 10 を加えたもので、連続して受信される複数シンボルから得られる相関行列を(数16)の演算により平均化することで、雑音成分が抑圧される。

【0052】

【数16】

$$\text{相関行列の平均化 : } \tilde{R} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M R_m$$

★50 【0053】なお、平均化のために用いるシンボルの数

は雑音レベルに応じて決めればよい。

【0054】(第3の実施の形態) 次に本発明の第3の実施の形態を説明する。

【0055】信号源が異なる複数のOFDM信号が受信される場合に、それぞれのDFT時間窓タイミングクロックおよび遅延時間を推定する場合の実施例について説明する。図4に示すように、OFDM信号源A14においてOFDMシンボルの全キャリアのうちN本をバイロットキャリアとして特定パターンCAで変調する。一方、OFDM信号源B15において、同様に特定パターンCBで変調する。この際、特定パターンのシンボルは信号源Aのものと非同期でよい。伝送路中で信号源Aのバイロットキャリアと同じ周波数帯に、信号源Bのバイロットキャリアが合成されて受信される。

【0056】受信側での処理は、上述した第1の実施の形態と同じである。受信信号に含まれる複数の特定パターンのうち、一つの特定パターンと同じ振幅および位相持った参照データベクトル(数2)を参照データベクトル記憶部3に保持し、規格化データベクトル生成部3で受信データベクトルを推定する信号源の参照データベクトルで除算する。この処理と移動平均の効果により、推定する特定パターン以外の信号は雑音成分として拡散し、雑音部分空間に排除される。以下、第1の実施の形態と同様に、信号空間に含まれる推定する特定パターンの信号源成分に対するDFT時間窓タイミング及び遅延時間を推定することができる。なお、第2の実施の形態での受信側での処理と同様に、推定する特定パターンのOFDM信号に対して雑音レベルが高い場合は、複数シンボルから作られる相関行列を相関行列平均化部10で平均処理を施せばよい。これにより推定精度を上げることができる。

【0057】

【発明の効果】本発明は、信号源において所定数の特定周波数成分の振幅及び位相を特定パターンを用いて連続して変調し、受信側において特定周波数成分のデータベクトルの相関行列に対して固有値展開に基づくスーパー

レゾリューション法を適用することで、劣悪な伝送路環境でも特定パターンに対するDFT時間窓タイミングおよび遅延時間を精度よく推定することができる。また、雑音成分を抑圧するために相関行列の平均操作を行うと推定精度をあげることができる。さらに、互いに異なる特定パターンを用いて振幅及び位相を連続して変調した複数の信号源からの信号を合成して受信した場合に、所望の特定パターン以外の信号を雑音部分空間に排除することにより、所望の特定パターンに対するDFT時間窓タイミング及び遅延時間を推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1、第2の実施の形態における信号源及び伝送路の構成図

【図2】本発明の第1の実施の形態における受信機の構成図

【図3】本発明の第2の実施の形態における受信機の構成図

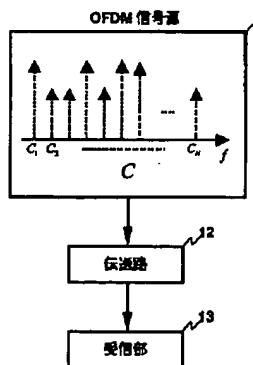
【図4】本発明の第3の実施の形態における信号源及び伝送路の構成を示すブロック図

20 【図5】MUSICスペクトラムを示す図

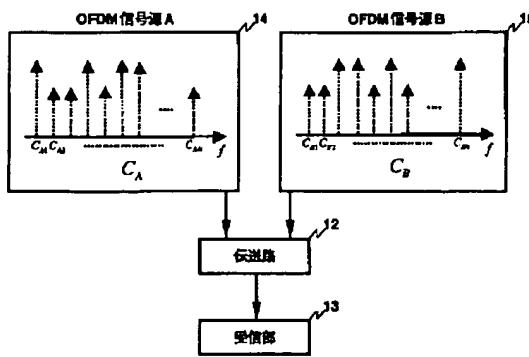
【符号の説明】

- 1 DEF部
- 2 受信データベクトル取得部
- 3 参照データベクトル記憶部
- 4 規格化データベクトル生成部
- 5 相関行列作成部
- 6 相関行列移動平均部
- 7 推定部
- 8 タイミングクロック調節部
- 9 データ復調部
- 10 相関行列平均化部
- 11 OFDM信号源
- 12 伝送路
- 13 受信部
- 14 OFDM信号源A
- 15 OFDM信号源B

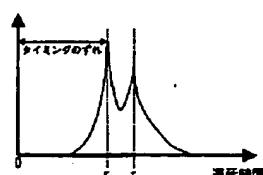
【図1】



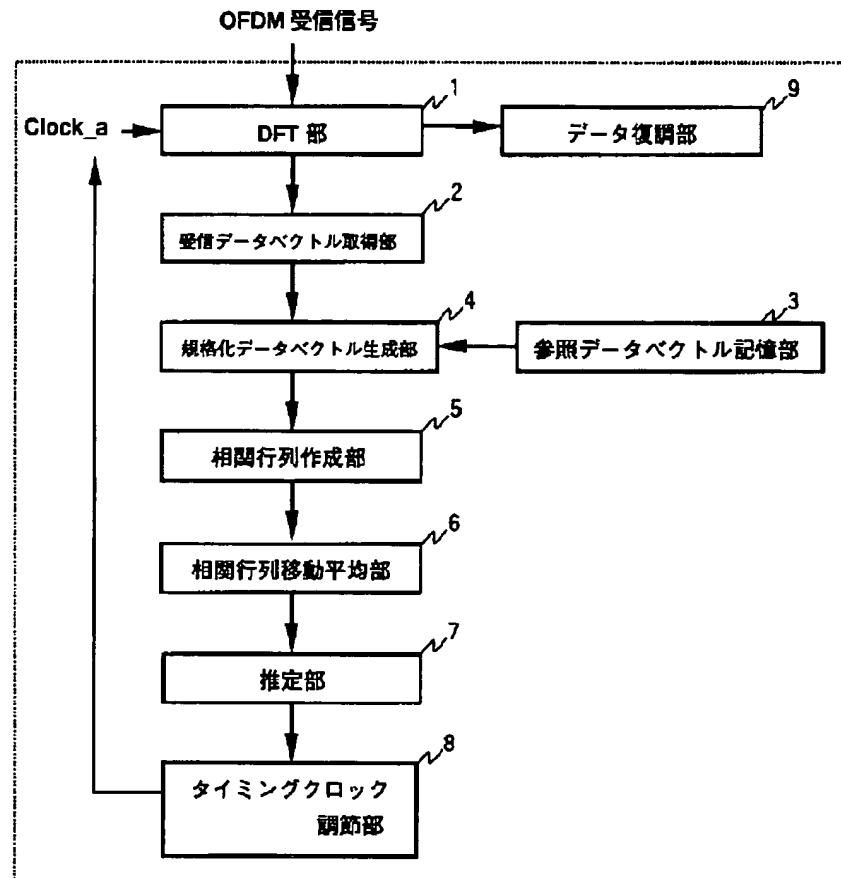
【図4】



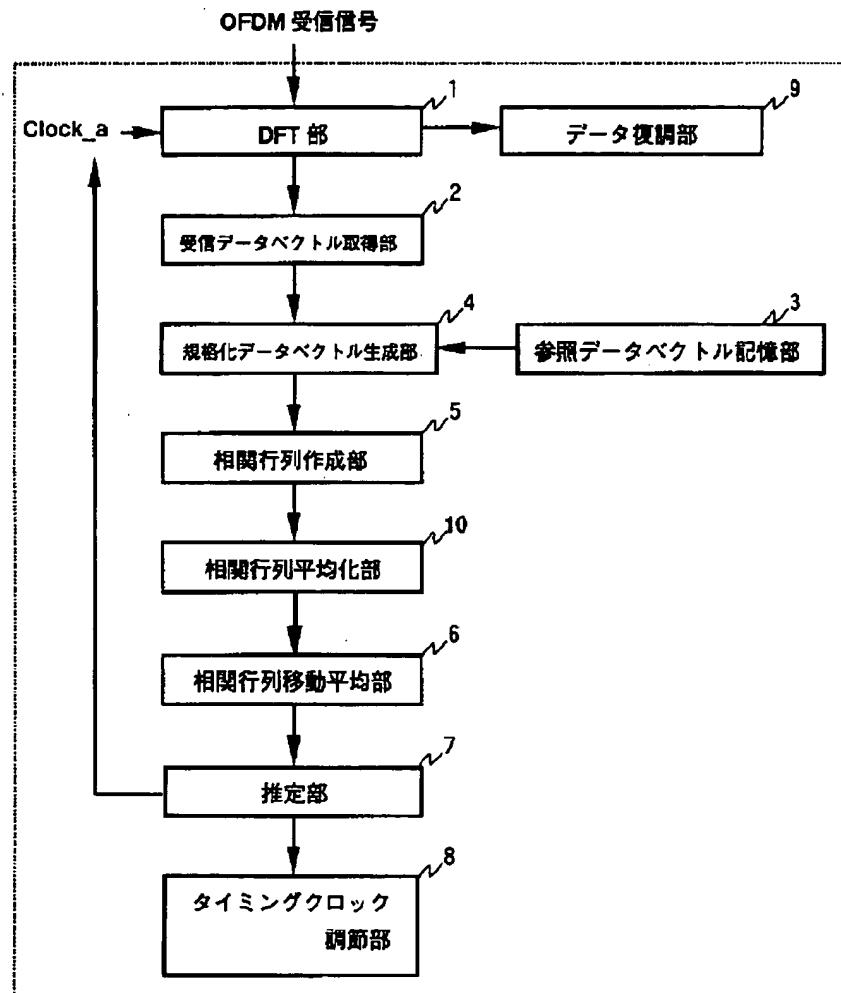
【図5】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 白方 亨宗

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 林野 裕司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 原田 泰男

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

F ターム(参考) 5K022 DD00 DD13 DD19 DD22 DD33

DD42

5K047 AA05 BB01 CC01 HH01 HH15  
HH43 MM03 MM12